

УДК 543.542

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗАТОРА УГЛЕРОДА И ВОДЫ LECO RC-412

М. Биркельбах
LECO Instrumente GmbH

Поступила в редакцию 15 марта 2002 г.

В работе рассмотрены аналитические возможности анализатора RC-412 фирмы LECO на примере определения воды (гигроскопической и кристаллизационной) и углерода (общего, органического, неорганического и элементарного) в самых разнообразных объектах.

В настоящей статье затронуты некоторые области применения прибора RC-412 для анализа различных материалов. Полное описание возможностей прибора дать невозможно, т.к. постоянно открываются все новые и новые области его применения. Возможно, и у вас есть задачи, с которыми вполне справится RC-412. Цель данной статьи – не дать полное описание того, где можно использовать прибор, а дать пользователям импульс к поиску новых его применений.

Прошли годы с того времени, как прибор LECO RC-412 вышел на рынок и с тех пор он был успешно применен в самых различных отраслях промышленности. Анализатор имеет практически все возможности для быстрого анализа материалов, где традиционные методы требуют огромных затрат времени и реактивов. В большинстве случаев использование прибора очень просто, программа нагрева печи включает одну-две, максимум три фазы. Оптимальное число фаз выбирается в зависимости от желаемого времени анализа и требуемых метрологических характеристик анализа. От этих же параметров зависит выбранная скорость нарастания температуры и время выдержки. Азот как несущий газ используется редко, т.к. большое количество органического углерода может привести к засорению газового тракта. Нужно отметить, что до сих пор, за очень редкими исключениями, пользователи RC-412 были удовлетворены работоспособностью прибора.

Маттиас Биркельбах – менеджер фирмы LECO Instrumente GmbH, Германия.
Область научных интересов: определение газообразующих элементов в металлах и других объектах.

В данной статье показан большой и интересный спектр применений RC-412 описанием нескольких типичных случаев. Нужно отметить, что кроме сушки образца перед анализом принципиально не применяли никакой подготовки образцов, то есть образцы анализировали в том виде, в каком были получены – в размолотом и гомогенизированном состоянии. Это очень интересно для пользователя и экономит время. Масса навески выбирается в зависимости от предполагаемого содержания углерода и воды в образце по приведенным в табл. 1 данным.

Таблица 1
Выбор массы навески в зависимости от предполагаемого содержания углерода

Содержание углерода, %	Масса навески, мг
~ 10 (высокий углерод)	50
~ 0,5 - 5,0	100-250
< 0,1-0,5	
низкий углерод	500

Далее будут рассмотрены следующие примеры:

- быстрое определение углеводородов в загрязненных почвах;
- определение органического углерода в камнях и почвах;
- определение свободного углерода в выхлопных газах автомобилей;
- потери при прокаливании в цементных клинкерах;
- определение воды и CO_2 в добавках при литье;

- определение органического и неорганического углерода в отходах;
- влажность, вода и углерод в обожженной и гашеной извести.

Быстрое определение углеводородов в загрязненных почвах

Обычно в этом случае анализируется большое количество образцов, отобранных в различных местах, поэтому основными требованиями являются производительность и быстрое количественное определение уровня загрязнений почв. После анализа на RC-412 принимается решение о том, нужны ли дальнейшие исследования, например методом газовой хроматографии и т.п. Таким обра-

зом, продолжительному и дорогостоящему исследованию будут подвергаться действительно загрязненные почвы. В данном методе проба нагревается в равномерно разогреваемой от 82 °С до 1000 °С печи в атмосфере кислорода. Поскольку органическая фаза может возгоняться при температуре выше 82 °С, то образцы высушивают при этой температуре. При анализе образцов получаем различные профили содержания углерода: однако нет необходимости в точном определении пофазового содержания компонентов. С одной стороны, это предотвращает получение "искусственных пиков": с другой стороны, однако, этот метод требует интерпретации результатов экспертом. В табл.2 приведены параметры анализа.

Таблица 2

Параметры анализа почв

Параметры анализа

Температура печи до анализа	82 °С
Температура печи после анализа	800 °С
Температура катализатора	750 °С
Несущий газ	Кислород
Расход газа	750 мл

Параметры печи

Фаза	Начальная температура	Конечная температура	Скорость нагрева	Выдержка
1	82 °С	1000 °С	100 °С/мин	200 с

Калибровка

Ячейка	Стандартный образец	Температура, °С	Масса навески, мг	Время, с
Низкий углерод	502-029	1000	20-150	180
Высокий углерод	501-034	1000	25-100	180
Вода	502-091	200	50-200	360

Определение органического углерода в камнях и почвах

Это одно из наиболее частых применений RC-412. Метод широко используется в институтах геологии и почвоведения, в сельском хозяйстве, комитетами по охране окружающей среды. Эти пользователи анализируют свои типовые образцы, полностью различные матрицы встречаются сравнительно редко. В данном случае мы исходим из простого предположения, что весь органический углерод разложится при температуре ниже 550 °С, тогда как выделившийся при более высокой температуре углерод будет обусловлен карбонатами и другими углеродсодержащими неорганическими соединениями. Это предположение было многократно подтверждено методами мокрой химии - оба метода дают близкие результаты.

Однако нужно отметить, что это положение нельзя автоматически применять ко всем матрицам. Наиболее яркое исключение - карбонат магния $MgCO_3$ (магнезит), который хорошо разлагается при температуре ниже 550 °С и таким образом "симулирует" органический углерод. То есть перед применением данного метода нужно убедиться, что матрица не содержит неорганической фазы, разлагающейся при температуре ниже 550 °С. Обязательно нужно проанализировать сомнительный образец при тех же условиях, но в атмосфере азота, для определения механизма возгонки неорганической порции "органической фазы". Нужно отметить, что наличие магнезита создает проблему температурного разделения компонентов, так как возможно, что органическая фаза также содержит кислород, и получится пик

углерода даже в атмосфере азота. Это наблюдается в случае, например, анализа целлюлозы.

Для уменьшения времени анализа начальная температура обычно устанавливается на уровне 550 °С, то есть отсутствует фаза сушки при температуре 105 °С. После этого образец нагревает-

ся до температуры 1000 °С при максимальной скорости роста температуры. Количество неорганического углерода принимается равным освобожденному в этой фазе нагрева углероду. Параметры и результаты анализа приведены в табл.3.

Таблица 3

Параметры и результаты определения органического углерода

Параметры анализа

Температура печи до анализа	550 °С
Температура печи после анализа	800 °С
Температура катализатора	750 °С
Несущий газ	Кислород
Расход газа	750 мл

Параметры печи

Фаза	Начальная температура	Конечная температура	Скорость нагрева	Выдержка
1 = ТОС	550 °С	550 °С	0 °С/мин	300 с
2 = ТІС	550 °С	1000 °С	200 °С/мин	60 с

Калибровка

Ячейка	Стандартный образец	Температура, °С	Масса навески, мг	Время, с
Низкий углерод	502-029	1000	20-150	180
Высокий углерод	501-034	1000	25-100	180
Вода	502-091	200	50-200	360

Результаты определения общего углерода, %

Образец, №	ТОС (LECO)	ТОС (мокрая химия)	Масса навески, мг
1	5,11	5,30	~ 250
2	3,72	3,60	~ 250
3	7,40	7,37	~ 250
4	3,71	3,40	~ 250
5	1,40	1,40	~ 250
6	0,90	0,90	~ 250
7	0,28	0,30	~ 250
8	1,18	1,20	~ 250
9	0,54	0,50	~ 250
10	1,72	1,80	~ 250

Определение свободного углерода в выхлопных газах автомобилей.

Еще один пример использования RC-412 для решения специфических проблем. Приведем краткое описание аналитической задачи:

Экологической лаборатории нужно было определить содержание копоти в выхлопных газах автомобилей. Для этой цели фильтры из стекловолокна определенного диаметра помещали на обочинах дорог. За определенное время через фильтры пропускали определенное количество

воздуха и на нем задерживались частицы выхлопных газов - осаждалась копоть и органические вещества. Но лабораторию в данном случае интересовало только содержание копоти. До RC-412 использовался следующий метод: сначала фильтр промывали в толуоле для удаления органической фазы. Затем фильтр нагревали в трубчатой печи при температуре 500 °С в атмосфере аргона для удаления остатков органики. Затем температуру снижали до 200 °С, несущий газ меняли на кислород и поднимали температуру

до 650°C. Содержание копоти определяли колориметрически по содержанию CO₂. При этом методе можно провести максимум 17 определений за день.

RC-412 позволяет проводить одно измерение приблизительно за 500 секунд. Круглый фильтр диаметром 47 мм просто помещается в тигель и анализируется. Первая фаза - органика - удаляется при температуре ниже 370°C (C/H = 85/15). во второй фазе определяется содержание копоти при температуре от 370°C до 550°C (C/H = 97/3). Результат в виде мкг копоти на м³ воздуха рассчитывается так:

1. Вводится масса образца (100 мг).
2. Значение углерода во второй фазе переводится в мкг (x 1000).

3. Полученное значение делится на объем пропущенного через фильтр воздуха в м³.

Так как через фильтр пропускали постоянный объем воздуха - 720 м³, то процедуру вычисления можно еще упростить, просто умножив полученное количество углерода на 1,338 (1000 : 720). Этот фактор пересчета можно завести в калибровку прибора, и результат будет выводиться сразу после анализа. Параметры и результаты данного анализа приведены в табл. 4.

Таблица 4

Параметры и результаты анализа стекловолоконных фильтров

Параметры анализа

Температура печи до анализа	200 °C
Температура печи после анализа	800 °C
Температура катализатора	750 °C
Несущий газ	Кислород
Расход газа	750 мл

Параметры печи

Фаза	Начальная температура	Конечная температура	Скорость нагрева	Выдержка
1=органика	200 °C	370 °C	100 °C/мин	140 с
2=копоть	370 °C	550 °C	200 °C/мин	60 с

Калибровка

Ячейка	Стандартный образец	Температура, °C	Масса навески, мг	Время, с
Низкий углерод	502-029	1000	20-150	180
Высокий углерод	501-034	1000	25-100	180
Вода	502-091	200	50-200	360

Результаты в мкг копоти/м³ воздуха

Образец, №	RC-412	DIN	Масса навески, мг
1	2,3	2,6	100
2	9,0	8,8	100
3	11,1	11,6	100
4	4,5	4,5	100
5	6,6	6,7	100
6	6,8	6,2	100
7	7,4	7,6	100
8	4,6	4,7	100
9	4,0	4,3	100
10	3,6	3,4	100
11	4,5	4,2	100
12	2,3	2,1	100
13	2,5	2,8	100
14	2,8	2,8	100
15	3,7	4,0	100

Нужно добавить, что в данном методе фактически не определяется органический углерод, но определяется элементарный. Это составляет главное отличие от остальных ныне используемых методов. Насколько мы знаем, только анализатор RC-412 позволяет проводить данный анализ без использования мокрой химии. Все другие методы мокрой химии ошибочно определяют элементарный углерод (копоть, графит) как органическое соединение.

Потери при прокаливании в цементных клинкерах

В производстве цемента определение потерь при прокаливании всегда является очень важным параметром. Обычно навеска клинкера массой около 1 г прокаливается при температуре 1200 °C по меньшей мере 25 минут в муфельной печи. Затем уменьшение массы определяют гравиметри-

чески. Это позволяет одновременно анализировать несколько образцов, однако данный метод нельзя использовать для экспрессного *on-line* анализа, хотя образцы анализируются серией. В этом случае RC-412 является идеальным вариантом для быстрого определения потерь при прокаливании. В процессе анализа практически только CO₂ и вода возгоняются при нагреве. Это значит, что для калибровки по углероду нужно учитывать фактор пересчета в углекислый газ, равный 3.6641, т.к. углерод определяется в виде CO₂. Альтернативой является увеличение номинального значения углерода в стандартном образце на фактор 3.6641. Таким образом, получаемое при анализе значение будет являться содержанием углерода. Обычно масса навески составляет от 200 до 250 мг, но может быть увеличена до 500 мг. В табл.5 приведены параметры и результаты анализа, а также данные, полученные альтернативным методом.

Таблица 5

Параметры и результаты анализа цементного клинкера

Параметры анализа

Температура печи до анализа	1000 °C
Температура печи после анализа	800 °C
Температура катализатора	750 °C
Несущий газ	Кислород
Расход газа	750 мл

Параметры печи

Фаза	Начальная температура	Конечная температура	Скорость нагрева	Выдержка
1	1000 °C	1000 °C	0 °C/мин	300 с

Калибровка

Ячейка	Стандартный образец	Температура, °C	Масса навески, мг	Время, с
Низкий углерод	502-029	1000	20-150	180
Высокий углерод	501-034	1000	25-100	180
Вода	502-091	200	50-200	360

Результаты содержания C, %

Образец, №	RC-412	Заказчик	Масса навески, мг
1	2,11	2,07	207,4
	2,04		206,3
2	1,83	1,78	211,6
	1,84		275,8
3	2,00	1,96	247,3
	2,00		233,4
4	2,29	2,13	329,3
	2,21		242,1
5	1,86	1,86	222,1
	1,81		207,1

Определение воды и CO_2 в добавках при литье

Это один из немногих методов, когда анализ проводился в атмосфере азота. Причина - заказчик сам определенно указал, что нужно определение CO_2 . Так как анализируемые добавки содержат большое количество органики, азот нужно использовать как несущий газ для определения карбонатов в образце. Вопреки первоначальным опасениям, до сих пор не было заметного засорения газового тракта после этого анализа. Кроме этого, данный анализ выделяется еще двумя особенностями:

1. Анализируемые образцы иногда содержат до 10 % фтора. В присутствии воды может образоваться HF , в результате появляется опасность коррозии. Это можно предотвратить покрытием образца небольшим количеством FLUORHIB (кат. № LECO 502-156), который нужно предварительно прокалить при 1000°C . Вместо обычных кварцевых тиглей нужно использовать керамические.

2. Если, несмотря на FLUORHIB, все же образуется небольшое количество HF , в результате, кроме коррозии, занижается содержание воды. Для предотвращения этого в каталитическую трубку добавляют гранулы оксида кальция CaO для разложения HF на воду и фторид кальция CaF_2 . Температура катализатора должна быть установлена на уровне 900°C , так как при более низкой температуре CaO может связывать угле-

род в форме CaCO_3 . Сразу после загрузки оксида кальция в каталитическую трубку его нужно "очистить", выдержав по меньшей мере половину суток в нагретом состоянии. И, конечно, каталитическая трубка должна быть заполнена оксидом меди.

Ячейка воды калибруется при температуре 400°C по моногидрату сульфата магния ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) с содержанием воды 10,66%. Нужно обратить внимание на то, что этот материал не предназначен для анализа в атмосфере кислорода, так как при температуре выше 400°C образуется оксид магния (MgO), который может отложиться на газовом тракте.

Была поставлена следующая аналитическая задача:

Нужно определить содержание воды при температурах 105°C и 650°C и содержание CO_2 . Поэтому анализ проходил в три фазы. Сначала определяли влажность в течение 240 секунд при 105°C . Затем определяли кристаллизационную воду при температуре 650°C . После этого образец нагревался до 950°C для определения общего CO_2 . По упомянутым выше причинам содержание углерода нужно перевести в содержание CO_2 . Параметры и результаты анализа приведены в табл. 6

Нужно также упомянуть, что с момента разработки в середине 1992 года этот метод всегда давал воспроизводимые результаты, и не было никаких замечаний.

Таблица 6

Параметры и результаты определения воды и CO_2

Параметры анализа

Температура печи до анализа	105°C
Температура печи после анализа	800°C
Температура катализатора	900°C
Несущий газ	Азот
Расход газа	750 мл

Параметры печи

Фаза	Начальная температура	Конечная температура	Скорость нагрева	Выдержка
1 (влажность)	105°C	105°C	$0^\circ\text{C}/\text{мин}$	240 с
2 (вода)	105°C	650°C	$150^\circ\text{C}/\text{мин}$	240 с
3 (CO_2)	650°C	950°C	$150^\circ\text{C}/\text{мин}$	60 с

Калибровка

Ячейка	Стандартный образец	Температура, $^\circ\text{C}$	Масса навески, мг	Время, с
Низкий углерод	502-029	950	20-150	180
Высокий углерод	501-034	950	25-100	180
Вода	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	400	~ 70	300

Результаты

Образец, №	Влажность, % (105°C)	Вода, % (650°C)	Общий CO ₂ , %	Масса навески, мг
1	0,14	1,27	14,18	204,00
	0,15	1,31	15,00	204,90
2	0,12	0,5	11,20	199,90
	0,12	0,34	10,80	215,00
3	0,15	0,40	3,56	190,70
	0,27	0,41	3,50	193,00
4	0,21	1,02	5,58	243,30
	0,22	0,94	5,60	214,20
5	0,29	2,68	3,43	190,50
	0,30	2,76	3,53	192,90

Определение органического и неорганического углерода в отходах

Недавно определение общего органического углерода (ТОС) в отходах стало приобретать все возрастающее значение, так как все материалы с определенным содержанием органического углерода нужно относить к специальным отходам согласно новому экологическому закону ("TA Siedlungsabfall"). Поэтому содержание общего органического углерода стало очень важным параметром. DIN устанавливает так называемый "разностный метод", где органический углерод определяется как разность между содержанием общего и неорганического углерода. Сначала образец нагревают в кислоте для удаления неорганического углерода (ТИС) и его определения. Затем определяют содержание общего углерода (ТС). И, окончательно, определяется содержание органического углерода - ТОС:

$$\text{ТОС} = \text{ТС} - \text{ТИС}$$

Насколько мы знаем, прямой метод определения ТОС сейчас не стандартизован в DIN. При использовании этого метода также происходит нагрев образца в кислоте, а затем оставшийся углерод определяется как ТОС. Это определение можно провести, например, с использованием RC-412 или приборов CS-серии. Если используется разностный метод, то образовавшийся в реакции с кислотой CO₂ собирается и определяется. Это значит, что все анализаторы углерода LECO можно использовать для этого определения, т.к. они соответствуют стандарту DIN. Но до сих пор приборы LECO не использовались на этом рынке.

Прибор RC-412 является очень мощной альтернативой приведенным выше методам, так как у

обоих методов можно выделить два источника систематической погрешности:

1) При нагреве в кислоте возможна потеря летучих органических соединений, что в обоих случаях занизит содержание ТОС.

2) Более серьезный недостаток - все формы элементарного углерода - графит, антрацит и также карбиды - будут ошибочно определяться как ТОС.

RC-412 можно использовать для обнаружения и количественного определения и летучей органической фазы, и элементарного углерода. Однако до сих пор не предложено общей стандартной методики, так как анализируемые материалы могут быть совершенно различными как по своей основе, так и по химическому составу. Часто требуется эксперт для критической интерпретации полученных результатов. Но в общем можно сказать, что метод, используемый RC-412 надежен в случае анализа материалов, не содержащих неорганических компонентов, которые разлагаются при температуре ниже 550 °C (MgCO₃!). В случае наложения пиков элементарного и органического углерода для объяснения результатов можно использовать соотношение С/Н. При наложении пиков элементарного углерода и карбонатов нужно провести второй анализ в атмосфере азота для определения содержания элементарного углерода.

Отработанная методика позволила нам принять участие в межлабораторном эксперименте: 14 лабораторий анализировали 15 различных образцов. По сравнению с другими методами методика, с использованием RC-412, показала пренебрежительно малое отклонение от среднего значения результатов анализов всех лабораторий. И это применительно к ТС, ТОС и ТИС (см. табл. 7)!

Таблица 7

Параметры и результаты определения органического и неорганического углерода в отходах на RC-412 и результат межлабораторного эксперимента

Параметры анализа

Температура печи до анализа	105 °С
Температура печи после анализа	800 °С
Температура катализатора	900 °С
Несущий газ	Кислород
Расход газа	750 мл

Параметры печи

Фаза	Начальная температура	Конечная температура	Скорость нагрева	Выдержка
1 (ТОС)	105 °С	550 °С	20 °С/мин	120 с
2 (ТІС)	550 °С	100 °С	100 °С/мин	60 с

Калибровка

Ячейка	Стандартный образец	Температура, °С	Масса навески, мг	Время, с
Низкий углерод	502-029	1000	20-150	180
Высокий углерод	501-034	1000	25-100	180
Вода	502-091	200	50 - 200	360

Результаты в %, (в скобках - среднее всех лабораторий)

Образец	ТОС	ТІС	ОТС	Масса навески, мг
Целлюлоза	45,3 (41)	<0,01 (1,39)	45,3 (41,6)	40
Озерный ил	20,5 (18,8)	0,41 (1,31)	20,9 (19,7)	80
Отложения стоков	24 (22,4)	0,94 (2,30)	24,9 (24,85)	35
Отложения стоков+CaCO ₃	22,9 (20,9)	1,7 (2,61)	24,6 (24,01)	30
Взвеси	8,21 (7,61)	2,27 (2,61)	10,5 (10,22)	50
Пыль на фильтре	<0,01 (0,09)	0,08 (0,06)	0,08 (0,15)	180
Отходы	3,94 (7,06)*	4,76 (1,42)	8,7 (8,48)	60
Компост	33,2 (33,3)	2,04 (1,85)	35,3 (35,41)	30
Захороненные отходы	0,66 (0,60)	0,01 (0,07)	0,67 (0,65)	120
Захороненные отходы	19,2 (19,9)	1,12 (0,94)	20,3 (20,97)	100
Шлак	1,3 (1,02)	0,04 (0,18)	1,34 (1,15)	70
Промышленные стоки	36,5 (34,5)	0,19 (1,06)	36,7 (35,39)	30
Гидроксидные стоки	3,23 (2,99)	0,9 (1,02)	4,13 (3,70)	40
BaCO ₃	0,04 (1,4)	6,15 (5,48)	6,19 (5,82)	60
Цианопропилен	3,89 (3,59)	<0,01 (0,52)	3,89 (3,90)	80

*) возможно содержание элементарного углерода

Наши значения были получены при анализе органической компоненты, проводимом в две фазы при температуре 550 °С. То есть мы исходили из предположения, что вся органика удаляется из образца при меньшей температуре. Была выбрана очень медленная скорость нарастания температуры – 20 °С/мин для лучшего исследования состава органической фазы и во избежа-

ние возможной вспышки. В качестве несущего газа использовался азот. Только с карбонатом бария (BaCO₃) было добавлено примерно 1 г гранул олова (стандартный образец № 501-086) для снижения температуры плавления, т.к. этот материал разлагается только при температуре выше 1300 °С в атмосфере кислорода. С добавкой кислорода это возможно уже при 950 °С. Эта находка

полезна и тогда, когда неизвестно, содержит ли образец карбонат бария или нет. Так как часть BaCO_3 возгоняется уже при температуре 1000°C , то его наличие можно ясно определить по графику.

Влажность, вода и углерод в обожженной и гашеной извести

Этот метод был разработан для контроля в производстве обожженной и гашеной извести. Определение влажности и гидратированной воды здесь очень важно. По сравнению с обычно используемым гравиметрическим методом, RC-412 позво-

ляет определить все три параметра в образце за один цикл. Анализ проводится в две стадии: в первой фазе влажность определяют при 110°C за 180 секунд, затем образец нагревают до 1000°C для измерения как кристаллизационной воды, так и содержания углерода. Эта или подобная методика может использоваться в цементной промышленности, например для определения влажности и кристаллизационной воды в гипсе и ангидрите. Стандартные параметры и результаты анализа приведены в табл.8.

Таблица 8

Параметры и результаты анализа извести

Параметры анализа

Температура печи до анализа	110°C
Температура печи после анализа	800°C
Температура катализатора	750°C
Несущий газ	Кислород
Расход газа	750 мл

Параметры печи

Фаза	Начальная температура	Конечная температура	Скорость нагрева	Выдержка
1 (влажность)	110°C	110°C	$0^\circ\text{C}/\text{мин}$	180 с
2 (вода)	110°C	1000°C	$100^\circ\text{C}/\text{мин}$	20 с

Калибровка

Ячейка	Стандартный образец	Температура, $^\circ\text{C}$	Масса навески, мг	Время, с
Низкий углерод	502-029	1000	20-150	180
Высокий углерод	501-034	1000	25-100	180
Вода	502-091	200	50-200	360

Результаты

Образец (известь)	Влажность, %	Вода, %	Углерод, %	Масса навески, мг
Обожженная известь	<0,001	1,67	1,01	207,7
Обожженная известь	0,01	1,83	0,99	203,1
Необоженная известь	0,72	24,8	0,488	98,6
Необоженная известь	0,67	24,7	0,523	95,8

Это хороший пример того, как очень простым методом можно очень элегантно определять несколько параметров одновременно.

Прибор RC-412 имеет характеристики, позволяющие использовать его в самых различных от-

раслах промышленности. Приведенные примеры касаются только нескольких областей его применения. Возможно, перед вашей лабораторией стоят "нестандартные" задачи, которые успешно можно решить с помощью прибора LECO RC-412.

* * * * *

THE USAGE OF LECO RC-412 CARBON & WATER ANALYSER
M. Birkelbach

The publication considers analytical possibilities of LECO's RC-412 analyser by example of water determination (hygroscopic and crystallization) and carbon (common, organic, non-organic and element) in most various objects.